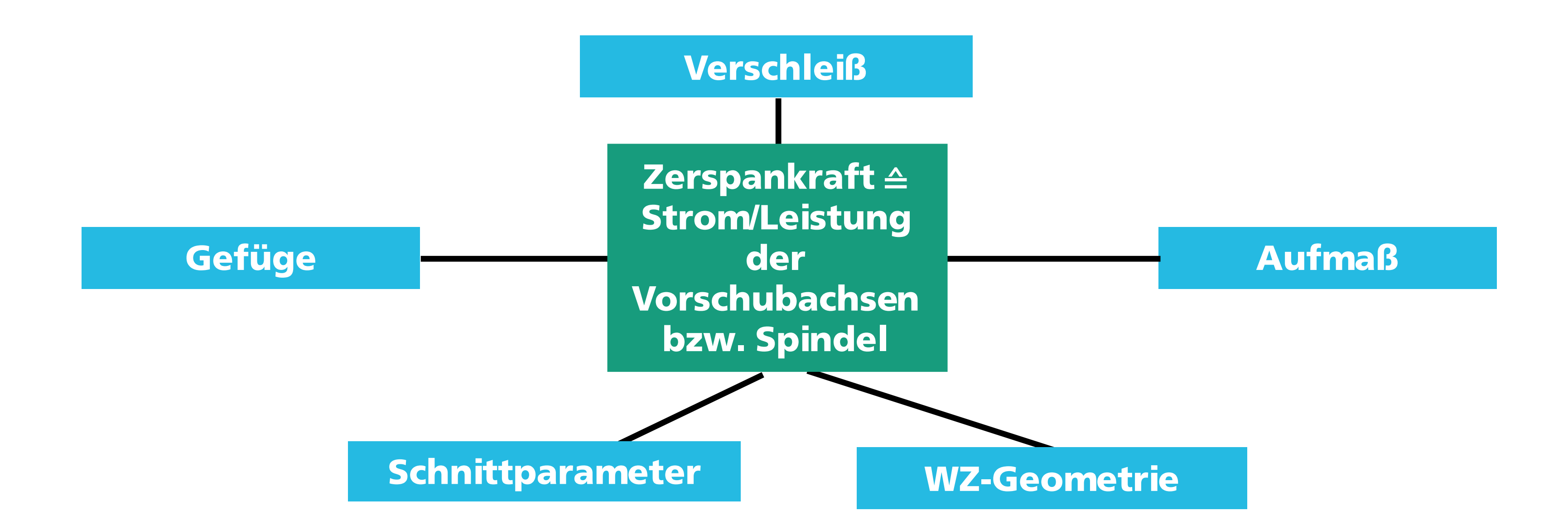
ADAPTIVE PROZESSFÜHRUNG UND ÜBERWACHUNG VON ZERSPANPROZESSEN

03.03.2020 Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik in Chemnitz



Adaptiver Zerspanprozess

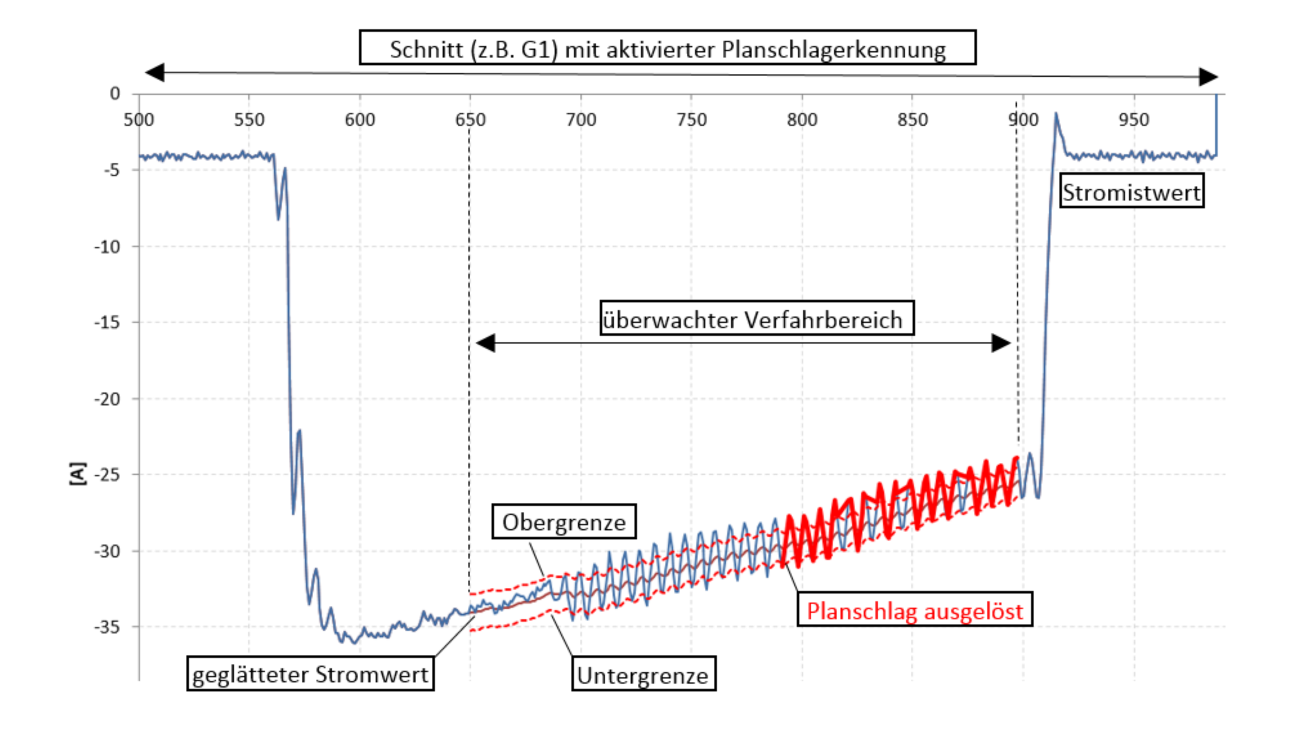


- Grundlagen für adaptive Zerspanungsprozesse:
  - ✅ Identifikation relevanter Sensordaten und Signale
  - ✅ Verknüpfung mit Prozesswissen
  - ✅ Intelligente Datenverarbeitung
  - ✅ Ableitung von Algorithmen zur Prozessregelung



Funktionsbeschreibung
1. Planschlagerkennung

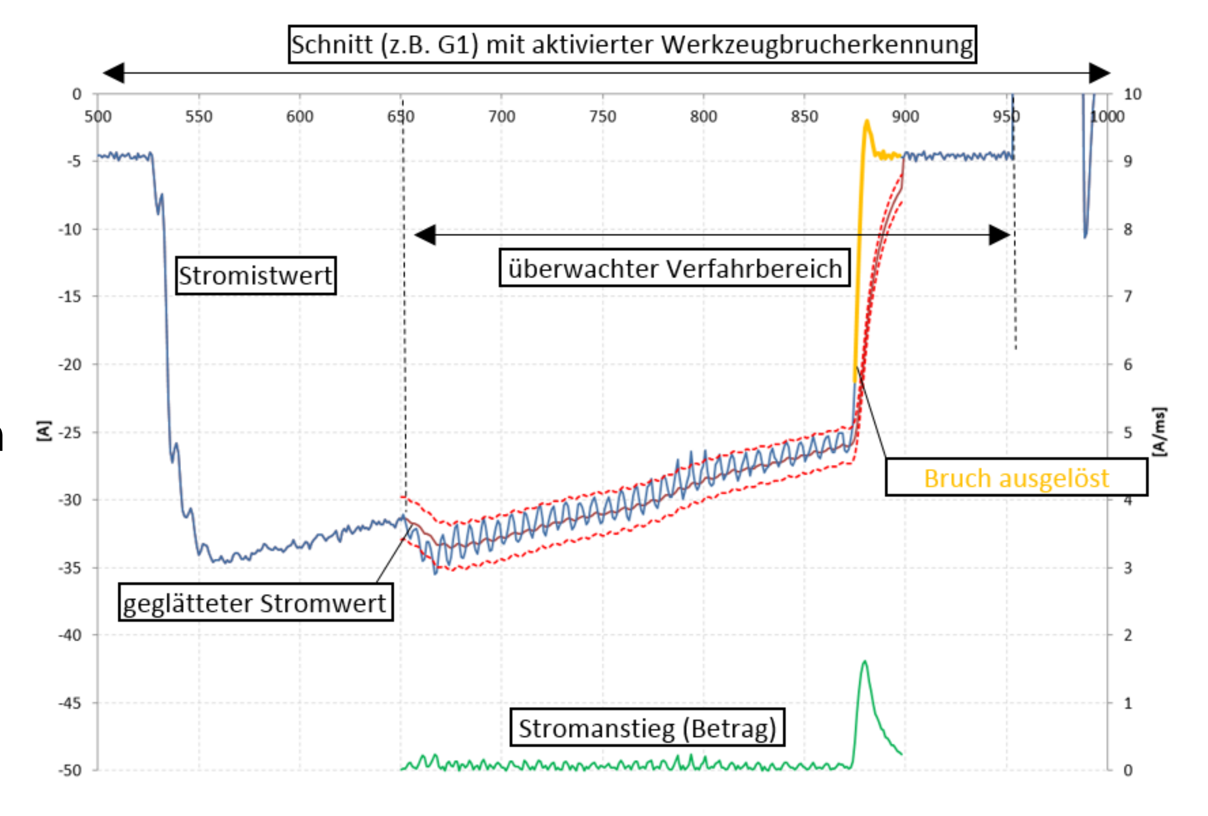
- Vorgehensweise:
  - Überwachung des Stromistwerts in definierten Grenzen
  - Glättung des Stromistwerts
  - Bildung eines Toleranzschlauchs
  - Auslösung Maschinenhalt





Funktionsbeschreibung
2. Werkzeugbrucherkennung

- Vorgehensweise:
  - Definition eines Grenzwerts für den Stromanstieg (absolut oder vorzeichenbehaftet – je nach Anwendung)
  - Definition eins Überwachungsbereichs (Schnittlänge)
  - Überwachung des Anstiegs des geglätteten Stromistwerts der Vorschubachse
  - Auslösung der Werkzeugbrucherkennung bei Erreichen des Stromgrenzwerts



Fraunhofer IWU

Funktionsbeschreibung
3. Adaptive Prozessführung

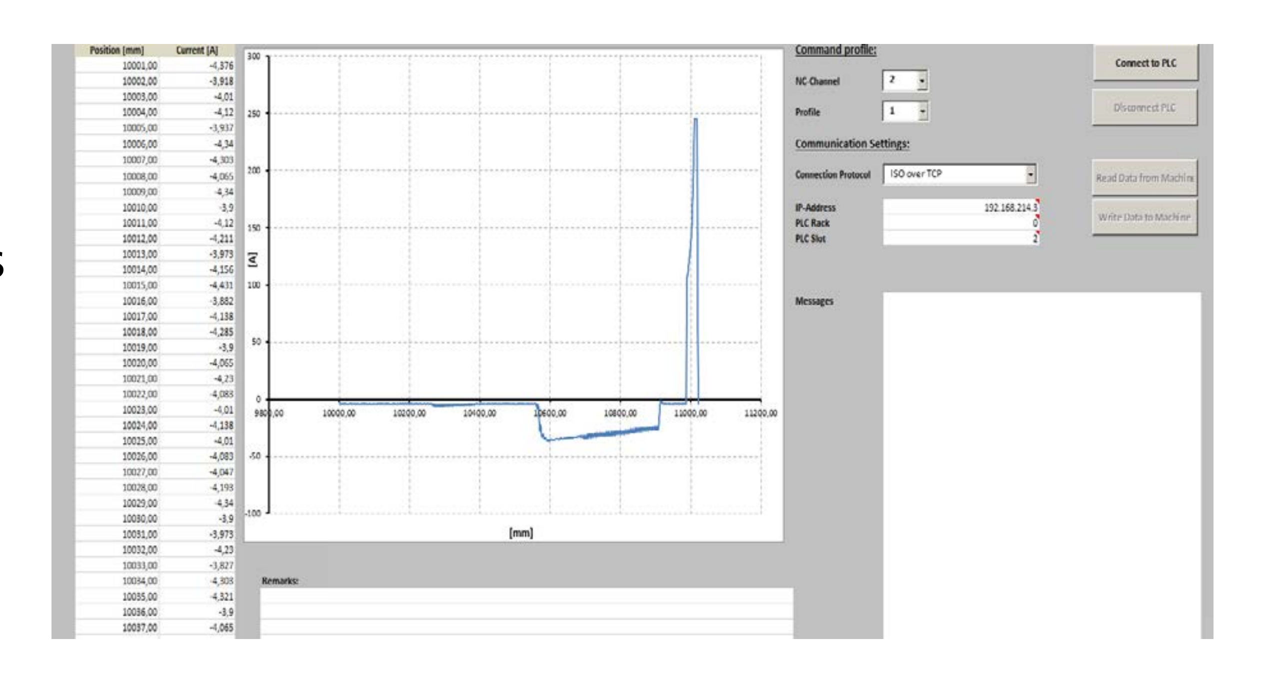
- Ziel der adaptiven Regelung ist es den Vorschub oder die Spindelleistung/drehzahl so anzupassen, dass der Stromistwert weitestgehend der Sollvorgabe eines als „in Ordnung“ bewerteten Normschnittes folgt, indem der Override des jeweiligen NC-Kanals entsprechend reguliert wird. Dadurch sollen Chargenschwankungen (z.B. unterschiedliche Aufmaße, Materialeigenschaften) kompensiert werden. Z.B. wird bei gegenüber dem Normschnitt erhöhten Aufmaß der Vorschub reduziert.
- Für die Sollwertvorgabe können in der Steuerung je NC-Kanal mehrere Sollwertprofile hinterlegt werden, die im NC-Programm angewählt werden können. Die Speicherung des Sollwertprofils kann je nach technischen Gegebenheiten im NC-Teil der Steuerung (z.B. R-Parameter, GUD, freie Marker-Variablen) oder in einen Datenbaustein im SPS-Teil der Steuerung erfolgen.
- Die Sollwertprofile werden zunächst während der Bearbeitung eines Normteils (ohne aktivierte Regelung) aufgezeichnet und mittels des PC-Tools „ProfileEditor“ aufgezeichnet. In diesem PC-Tool kann die aufgezeichnete Sollwertkurve nachbearbeitet (z.B. Entfernen von Ausreißern, Glätten mit gleitendem Mittelwert, …) und in die Steuerung zurückgespielt werden.

Fraunhofer IWU

Funktionsbeschreibung

3. Adaptive Prozessführung

- Ziel:
  - Adaptive Regelung des Vorschubs
  - Zur Reaktion auf:
    - Chargenschwankungen wie: Aufmaß, Gefüge und weitere Abweichungen aus der Vorbearbeitung
- Vorgehensweise:
  - Sollwertvorgabe durch Aufnahme der Bearbeitung eines Bauteils und Auslesen in PC-Applikation über LAN
  - Editierung der aufgenommenen Sollwertkurve
  - Zurückspielen auf die Steuerung über LAN
  - Starten der Bearbeitung

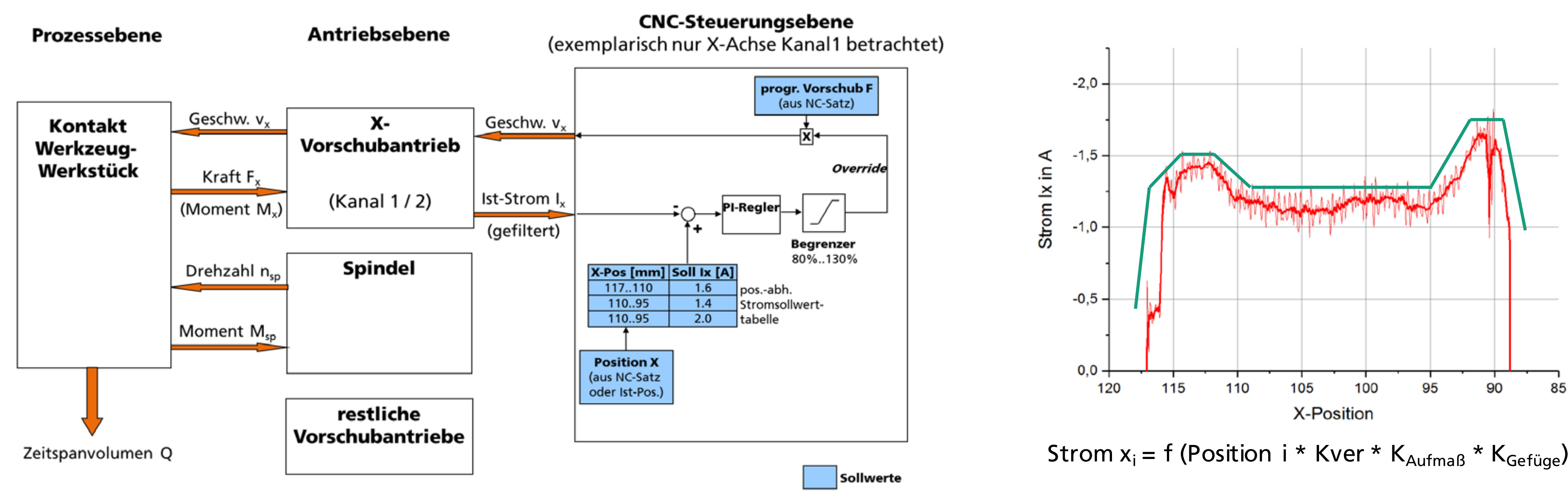


Fraunhofer IWU

Funktionsbeschreibung

3. Adaptive Prozessführung

Regelungstopologie am Beispiel der Regelung auf Sollstrom einer Vorschubachse:

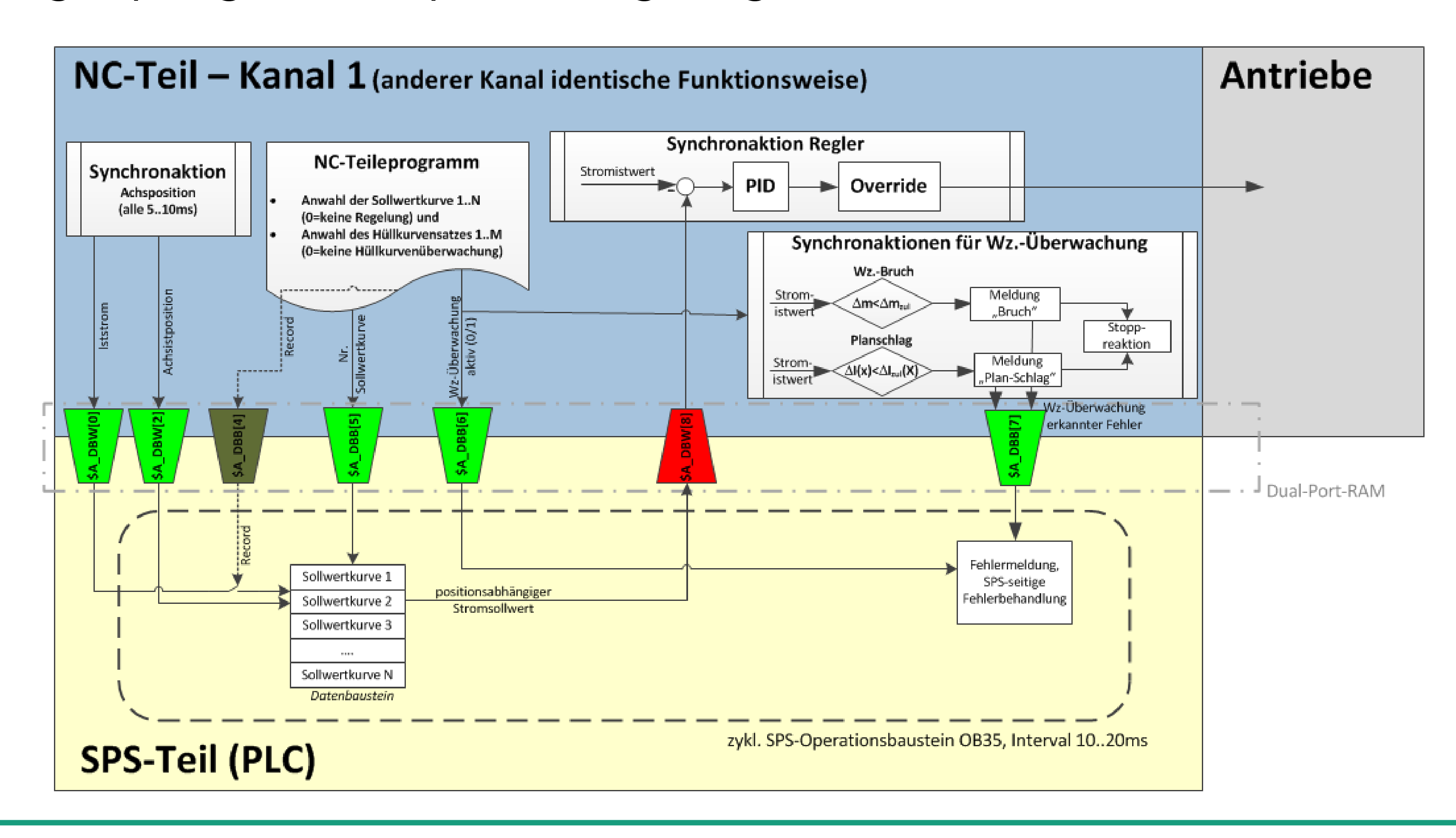


- Die Zuordnung der zu regelnden Prozessgrößen (z.B. Spindelleistung/-strom, gemessene Prozesskräfte/-momente, Strom/Leistung Vorschubachsen) zur Stellgröße (Override Achsvorschub/ additives Motormoment/Positions-Offset, Spindelleistung/-drehzahl) ist, auch über NC-Kanal und Achs-Grenzen hinweg, frei zuordenbar. Zum Beispiel ist es möglich den Achsvorschub auf Basis des Spindelstroms/-leistung zu regeln.
- Einbindung externer Sensoren (z.B. Kraftmesssensoren, Vibrationssensoren, Barkhausenrauschen, 3MA) ist dank generischer Funktionsstrukturen ebenfalls möglich.

Fraunhofer IWU

Funktionsbeschreibung
3. Adaptive Prozessführung

Regelungstopologie am Beispiel der Regelung auf Sollstrom einer Vorschubachse:



Fraunhofer IWU

Funktionsbeschreibung

4. Schnittstellensignale

Schnittstellensignale:

Überwachung:

Parameter	Beschreibung
R50	Planschlagüberwachung aktiv (Freigabe & Istposition zwischen MIN_POS .. MAX_POS)
R51	Werkzeugbrucherkennung aktiv (Freigabe & Istposition zwischen MIN_POS .. MAX_POS)
R52	Stromistwert des letzten Interpolationstaktes für die Berechnung des Stromanstieges für die Werkzeugbrucherkennung. Phys. Einheit ist [A]
R53	Geglätteter Stromistwert für die Planschlagüberwachung (=Mitte des Toleranzschlauchs). Physikalische Einheit ist [A]
R54	Untergrenze Toleranzschlauch für Planschlagüberwachung. Physikalische Einheit ist [A]
R55	Obergrenze des Toleranzschlauch für Planschlagüberwachung. Physikalische Einheit ist [A]
R56	Merkervariable für die Verletzung des Toleranzschlauchs durch den ungeglätteten Stromistwert [0/1]
R57	Aufsummierte Toleranzschlauchverletzungszeit. Physikalische Einheit ist [s]
R58	Geglätteter Stromistwert für die Werkzeugbrucherkennung. Physikalische Einheit ist [A]
R59	Betrag des Stromanstiegs. Physikalische Einheit ist [A/ms]
R60	Erkannter Fehler (0 = kein Fehler, 1 = Planschlag, 2,3 = Werkzeugbruch)
R61	Istposition X-Achse im jeweiligen NC-Kanal
R62	Istposition Z-Achse im jeweiligen NC-Kanal

Fraunhofer IWU

Funktionsbeschreibung
4. Schnittstellensignale

Schnittstellensignale:

Regelung:

Parameter	Beschreibung
R70	Regelung aktiv (Freigabe/Anwahl einer Sollwertkurve & Istposition zwischen MIN_POS_CTRL ..MAX_POS_CTRL & keine Aufzeichnung eines Sollwertprofils)
R71	Interne Rechengröße für den Integral-Anteil des Reglers. Physikalische Einheit ist [%].
R72	Interne Rechengröße für den Proportional-Anteil des Reglers. Physikalische Einheit ist [%].
R73	Reserve
R74	Stellgröße am Reglerausgang (errechneter Override wird in Systemvariable $AC_OVR (Kanal-Override) geschrieben). Physikalische Einheit ist [%]
R75	Stromsollwert (Betrag) in [A]

Korrektur-Offset Werkzeugverschleiß:

Parameter	Beschreibung
R80	Korrekturwert für verschleißabhängige Zustellung [mm]

Fraunhofer IWU

Funktionsbeschreibung

4. Schnittstellensignale

Schnittstellensignale:

DualPortRam	Kanal1	Kanal2
Byte-Nr.		
$A_DBW[0]	Iststrom [mA]	
	Iststrom [mA]	
$A_DBW[2]	Achsistposition [1/100 mm]	
	Achsistposition [1/100 mm]	
$A_DBB[4]	Aufzeichnung (RecordSignal) [0/1]	
$A_DBB[5]	Nr. Sollwertkurve [1..3, 0=aus]	
$A_DBB[6]	Wz.-Überwachung aktiv (0/1)	
$A_DBB[7]	Kode erkannter Fehler [0=kein Fehler, 1=Planschlag, 2=Wz-Bruch klein, 2=Wz.-Bruch groß	
$A_DBW[8]	positionsabh. Stromsollwert [mA]	
	positionsabh. Stromsollwert [mA]	
$A_DBW[10]	Soll-Standzeit des Werkzeugs Kanal 1	
$A_DBW[12]	Rest-Standzeit des Werkzeugs Kanal 1	
18		
19		
$A_DBW[20]		Iststrom [mA]
		Iststrom [mA]
$A_DBW[22]		Achsistposition [1/100 mm]
		Achsistposition [1/100 mm]
$A_DBB[24]		Aufzeichnung (RecordSignal) [0/1]
$A_DBB[25]		Nr. Sollwertkurve [1..3, 0=aus]
$A_DBB[26]		Wz.-Überwachung aktiv (0/1)
$A_DBB[27]		Kode erkannter Fehler [0=kein Fehler, 1=Planschlag, 2=Wz-Bruch klein, 2=Wz.-Bruch groß
$A_DBW[28]		positionsabh. Stromsollwert [mA]
		positionsabh. Stromsollwert [mA]
$A_DBW[30]		Soll-Standzeit des Werkzeugs Kanal 2
$A_DBW[32]		Rest-Standzeit des Werkzeugs Kanal 2
$A_DBW[40]	Drehzahlsollwert 1 S110	
$A_DBW[42]	Drehzahlsollwert 2 S110	
$A_DBW[44]	Drehzahlsollwert 3 S110	
$A_DBW[46]	Positionssollwert S110	
44		

Variable	Funktion	SPS Adresse
$A_IN[38]	Zielposition erreicht	DB10.dbx129.5
$A_IN[40]	Drehzahlsollwert erreicht	DB10.dbx129.7
M32	Start Drehzahlbetrieb 1	DB21.DBX198.0
M33	Start Drehzahlbetrieb 2	DB21.DBX198.1
M34	Start Drehzahlbetrieb 3	DB21.DBX198.0
M35	Stopp Drehzahlbetrieb/Positionierung	DB21.DBX198.1
M36	Start Parameterübertragung	DB21.DBX198.2

Fraunhofer IWU

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Carsten Hochmuth – Abteilungsleiter Zerspannungstechnologie
carsten.hochmuth@iwu.fraunhofer.de

Robin Krage – Abteilung Zerspannungstechnologie
robin.krage@iwu.fraunhofer.de

Alexander Pierer – Abteilung Automatisierung & Monitoring
alexander.pierer@iwu.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)
Reichenhainer Str. 88
09126 Chemnitz, Deutschland

